

08.07.99 PCT/DE 99/01485
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND
09/7000338/1

PRIORITY
DOCUMENT

ADMITTED OR TRANSMITTED IN
CONFORMANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 23 AUG 1999

WIPO PCT

143

Bescheinigung

EJU

DE 99/1485

Die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung eV in
München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Trocknung von Photo-
resistschichten"

am 12. Mai 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
G 03 F 7/16 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 5. Juli 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 21 237.2

Brand

Verfahren und Vorrichtung
zur Trocknung von Photoresistschichten

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Trocknung von Photoresistschichten, insbesondere für die Mikrosystem- und Feinwerktechnik.

Innerhalb der Fertigungstechnologie in der Mikrosystem- und Feinwerktechnik stellt die Herstellung einer Maske mittels Photoresistmaterialien einen entscheidenden Verfahrensschritt dar.

Photoresiste sind maßgeschneiderte Vielstoffsysteme, die zur Fertigung von mikroelektronischen Bauelementen, Mehrschichtsystemen und mikromechanischen Teilen verwendet werden. Die Vielfalt der photographischen, chemischen und mechanischen Anforderungen im Fertigungsprozeß kann nur durch entsprechend angepaßte Photoresiste erfüllt werden. Die Photoresiste sind Mehrkomponentensysteme, die aus einem polymeren Bindemittel, einer photoaktiven Komponente und einem Lösungsmittelgemisch bestehen. Dabei bestimmt das polymere Bindemittel die physikalischen Eigenschaften, die photoaktive Komponente wirkt auf den photochemischen Prozeß, und das Lösungsmittelgemisch beeinflusst das Verhalten des Resistsystems beim Trocknungsprozeß. Das Lösungsmittelgemisch wird so zusammengesetzt, daß ein Lösemittel enthalten ist, welches einen hohen Dampfdruck besitzt, um das Austreiben des Lösungsmittelgemisches aus dem Photoresist während des Trocknungsprozesses zu beschleunigen bzw. begünstigen.

Die Trocknung der Photoresiste als unmittelbare Vorstufe vor dem photolithographischen Schritt im

Fertigungsprozeß gilt als ein sehr sensibler
Prozeßschritt. Die physikalische Trocknung der
Photoresiste muß so durchgeführt werden, daß eine
vollständige Entfernung des Lösungsmittelgemisches
5 erreicht wird.

In modernen Fertigungslinien im Bereich der
Mikroelektronik erfolgt die Resistbeschichtung der
Scheiben (Wafer) in der Regel auf einer zentrischen
10 Schleuder bei circa 5000 min^{-1} . Die Resistdicke bewegt
sich hierbei in der Regel zwischen $0,5 \text{ }\mu\text{m}$ bei ebenen bzw.
eingeebneten Oberflächen und $2 \text{ }\mu\text{m}$ bei stark stufenbehafteten
Oberflächen. Die Trocknung erfolgt schließlich auf
einer Heizplatte bei circa 100°C , wobei das Lösungsmittel
15 vollständig ausgetrieben wird. Anschließend erfolgt das
Justieren und Belichten des Photoresists in einem besonderen
Scheibenbelichtungsgerät.

Die Trocknungsdauer von dickeren Schichten ($\geq 40 \text{ }\mu\text{m}$),
wie sie insbesondere in der Mikromechanik benötigt
20 werden, beträgt mit dieser konventionellen Technik jedoch
in der Regel 16 bis 20 Stunden je Charge, so daß dies
einen Engpaß in der Fertigungslinie darstellt.

Des weiteren können sich Resistblasen während des
25 Trocknungsprozesses für dickere Schichten bilden, da
Photoresist für diese Anwendungen einen hohen
Bindemittelanteil und eine niedrige Viskosität besitzt.
~~Die Blasen treten verstärkt bei der Trocknung im Ofen und~~
~~auf einer Heizplatte auf. Es handelt sich dabei um~~
30 Lösungsmittelgasblasen, die im getrockneten Photoresist
haften bleiben. Diese Blasen können mehrere $100 \text{ }\mu\text{m}$ hoch
werden und bei der nachfolgenden Belichtung in der
Fertigungslinie die Strukturauflösung extrem
~~verschlechtern (Proximityeffekt).~~

Aus der EP 0 509 962 A1 ist ein Verfahren zur Trocknung von Photopolymeren auf metallisierten Substraten bekannt, bei dem die Schichten mittels Infrarotstrahlung (IR-Strahlung) getrocknet werden. Diese Veröffentlichung beschäftigt sich speziell mit der Vorhangbeschichtung in der Leiterplattentechnik, wobei dünne Schichten im Bereich von 15 µm schnell und effizient getrocknet werden können. Dieses Verfahren läßt sich jedoch nicht in eine Fertigungslinie für die Mikrosystemtechnik integrieren. Außerdem führt die bloße Beaufschlagung von dicken Schichten (≥ 20 µm) mit IR-Strahlung, wie sie in der Mikrosystemtechnologie benötigt werden, nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen hinsichtlich der Oberflächenqualität der getrockneten Schichten. Im Gegensatz zur Leiterplattentechnik ist die Oberflächenqualität der Photoresiste in der Mikrosystemtechnologie zur Erzeugung hochauflösender Strukturen jedoch von großer Bedeutung.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, mit denen eine prozeßintegrierte Trocknung von Photoresistschichten mit Dicken von mehr als 20 µm in vertretbarer Zeit möglich ist. Des weiteren soll der Trocknungsprozeß für verschiedene Resiste unterschiedlicher Dicken und für unterschiedliche Kombinationen Resist / Substrat geeignet sein und die Herstellung von Masken hoher Abbildegenauigkeit ermöglichen.

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren und der Vorrichtung gemäß den geltenden Patentansprüchen 1 und 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Mit dem Verfahren und der zugehörigen Vorrichtung lassen sich eine drastische Reduzierung der Trocknungs-

5

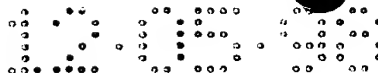
10

15

25

30

35



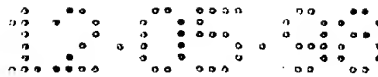
Erzielung eines vorgegebenen zeitlichen
Temperaturverlaufs in der Umgebung der Photoresistschicht
in Echtzeit geregelt. Diese Regelung ermöglicht es, daß
der Trocknungsverlauf der Schicht optimal für die
5 jeweilige Kombination des Resistmaterials und des Sub-
strates gewählt werden kann.

Als Umgebung der Photoresistschicht kann hierbei der von
der Prozeßkammer umschlossene Raum angesehen werden. Eine
10 Temperaturmessung möglichst nahe an der Photoresist-
schicht ist jedoch vorzuziehen.

Der Temperaturverlauf $T(t)$ (T : Temperatur; t : Zeit)
kann hierbei konstant gewählt werden ($T(t) = T_0 = \text{const}$),
15 so daß sich die Temperatur während des Trocknens nicht
ändert. Die Höhe der Temperatur wird entsprechend den
gewählten Resist- und Substratmaterialien eingestellt.
Durch experimentelle Versuche können die optimalen
Parameter, d.h. Höhe der Temperatur und Dauer der
20 Bestrahlung, sowie eine eventuelle Veränderung der
Temperatur über die Trocknungszeit optimal bestimmt
werden. Bei der Höhe der Temperatur ist
selbstverständlich eine Obergrenze zu beachten, oberhalb
der der jeweilige Photoresist zerstört wird.

25

Die erfindungsgemäße Vorrichtung besteht vorzugs-
weise aus einer entlüftbaren Kammer mit einem Lufteinlaß
sowie einem Luftauslaß zum Abführen der aus dem
Photoresist austretenden Lösungsmittel. In der Kammer ist
30 ein vorzugsweise höhenverstellbarer IR-Strahler über
einer Substrathalterung angeordnet. Vorzugsweise ist die
Substrathalterung drehbar und kann mehrere Substrate
gleichzeitig aufnehmen. Ein Temperaturmeßsensor erfaßt
die Temperatur während der Trocknung. Weiterhin ist eine
35 Steuereinheit vorgesehen, die die Leistung des
IR-Strahlers in Abhängigkeit von der gemessenen



Temperatur so steuert, daß ein vorgebbarer zeitlicher Temperaturverlauf an der Meßstelle des Temperatursensors realisiert werden kann.

5 Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen näher beschrieben. Hierbei zeigen

10 Fig. 1 eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Trocknung von Photoresistschichten;

15 Fig. 2 ein Beispiel für einen vorgegebenen zeitlichen Temperaturverlauf, der eine Rampe beinhaltet;

20 Fig. 3 ein Beispiel für eine Anwendung des erfindungsgemäßen Trocknungsverfahrens zur Herstellung von Andruckfedern von Lese/Schreibköpfen für Festplatten;

25 Fig. 4 eine mikroskopische Aufnahme einer Struktur, die bei Einsatz des erfindungsgemäßen Trocknungsverfahrens realisiert werden kann;

Fig. 5a ein Beispiel einer besonders vorteilhaften Aufnahmevorrichtung für Substrate bzw. Wafer in der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Draufsicht; und

30 Fig. 5b eine Schnittansicht einer kreisförmigen Einzelhalterung der Aufnahmevorrichtung der Fig. 5a.

35 Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen IR-Trocknungsanlage.

Sie besteht im wesentlichen aus drei funktionellen Teilen, dem eigentlichen Ofen (entlüftbare Kammer) 1 mit einer Aufnahmemöglichkeit 5 für eine definierte Anzahl von Wafern 12 der Abmessungen 4" und 6", einer IR-Strahlungsquelle 4 mit zugehörigem Netzteil 9 und dem Steuermodul 8. Im Steuermodul sind die Regelungs-Hard- und Software und die erforderliche Rechnertechnik vereint, die die Regelung der Leistung der IR-Strahlungsquelle übernehmen.

10

Die Stellfläche der Gesamtanlage beträgt in diesem Beispiel circa 0,9 m². Die Leistungsaufnahme der IR-Strahlungsquelle beträgt 4 kW. Die aufzunehmende Leistung ist von 0 bis 100 % regelbar.

15

Für eine kontrollierte Prozeßführung ist die Erfassung der Temperatur von grundlegender Bedeutung. Hierzu sind im vorliegenden Fall zwei unterschiedliche Temperaturmeßsensoren 6, 7 vorgesehen. Die beiden Temperatursensoren, ein Pyrometer 7 und ein temperaturabhängiger Widerstand 6 (PT100) können komplementär zur Prozeßführung genutzt werden. Es versteht sich von selbst, daß auch andere Temperaturmeßsensoren, wie beispielsweise Thermoelemente, eingesetzt werden können. Ebenso ist es nicht notwendig, wie im vorliegenden Fall, zwei getrennte Temperatursensoren vorzusehen. Es reicht vielmehr ein Temperatursensor, vorzugsweise ein PT100, der die Temperaturdaten bzw. eine zur Temperatur in fester Relation stehende Meßgröße an das Steuermodul 8 liefert.

30

Anhand der bisher mit dem dargestellten System durchgeführten Trocknungsgänge an unterschiedlichen Kombinationen Photoresist / Substrat und mit unterschiedlichen Schichtdicken des Photoresists konnte erkannt werden, daß eine IR-Strahlungsquelle mit einer

35

Leistung von 2,5 kW für die meisten Anwendungen ausreichend ist.

Da eine präzise Temperaturmessung im IR-Strahlengang sehr aufwendig ist, wird in der vorliegenden Vorrichtung durch Anordnung der Temperatursensoren unterhalb der Wafer-Aufnahme 5 eine Relativmessung der Temperatur der umgebenden Luft bzw. des umgebenden Gases durchgeführt. Insgesamt ist eine Temperaturmessung außerhalb der Strahlung, d.h. außerhalb des Bereiches zwischen dem IR-Strahler und der Wafer-Aufnahme, vorzuziehen.

In der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung sind ein Lufteinlaß 2 und ein Luftauslaß bzw. Abluftauslaß 3 in der Kammer 1 vorgesehen. Am Lufteinlaß 2 ist zusätzlich ein steuerbares Gebläse 13 angeordnet. Die Infrarot-Strahlungsquelle 4 ist über eine Verstelleinrichtung 10 höhenverstellbar über der Drehhalterung 5 für die Wafer 12 mit der aufgetragenen Photolackschicht angebracht. Die IR-Strahlungsquelle 4 kann hierbei beispielsweise aus einer Halterung für vier im Abstand von etwa 10 cm parallel nebeneinander liegende IR-Röhren gebildet sein. Die Strahlungsquelle wird über ein regelbares Netzteil 9 versorgt. Die Leistung des Netzteils 9 wird durch die Steuereinheit 8 geregelt.

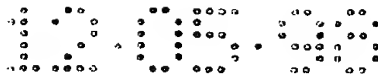
Die Aufnahmemöglichkeit 12 für Wafer wird durch einen rotierenden Probenteller gebildet, der mehrere Wafer in sternförmiger Anordnung aufnimmt. Dieser Drehteller hat im vorliegenden Fall einen Durchmesser von etwa 40 cm und kann mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 bis 5 min^{-1} rotieren. Die Drehgeschwindigkeit wird ebenfalls von der Steuereinheit 8 vorgegeben. Vorzugsweise wird hierbei eine Geschwindigkeit von weniger als 5 min^{-1} gewählt, um ein Verlaufen des Photoresists aufgrund von Zentrifugalkräften zu

verhindern. Die Drehung wird durch den Motor 11 realisiert. Der Abstand der IR-Strahlungsquelle zu dem Drehteller beträgt im vorliegenden Fall etwa 20 cm. Die Drehung der Wafer unter der Strahlungsquelle bewirkt in vorteilhafter Weise eine gleichmäßige Trocknung der auf den Wafern befindlichen Schichten, wobei mehrere Wafer gleichzeitig getrocknet werden können.

Die im Prozeß realisierte Luftzufuhr (Kaltluft) und Absaugung (Warmluft) führt zur Ausbildung eines dynamischen Gleichgewichts der Temperatur.

Ein Beispiel einer besonders vorteilhaften Aufnahmevorrichtung für Substrate bzw. Wafer in der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in Fig. 5a in Draufsicht dargestellt. Die Substrathalterung (5) besteht aus Edelstahl und weist im vorliegenden Beispiel sechs sternförmig angeordnete Einzelhalterungen (14) zur Aufnahme von sechs Wafern (12) auf. Selbstverständlich kann auch eine Anordnung mit einer größeren oder kleineren Anzahl von Einzelhalterungen gewählt werden. Für runde Wafer werden als Einzelhalterung kreisförmige Ringe mit einer Aussparung (15) verwendet, um das Ablegen der Wafer von einer Pinzette in die Ringe zu ermöglichen. Die Wafer (12) liegen vorteilhafterweise nur am Rand auf einer Breite von ca. 0,5 mm auf, so daß es zu keiner nennenswerten Wärmeübertragung zur Waferhalterung kommen kann.

Diese Ausgestaltung der Aufnahmevorrichtung hat daher einerseits den Vorteil, daß die Wafer (mit Photolack) im IR-Strahl mangels Wärmeübertragung auf die Halterung schneller erwärmt werden können. Andererseits wird vorteilhafterweise erreicht, daß bei jeder Trocknung gleiche Bedingungen hinsichtlich der Wärmeübertragung vorherrschen, da die Wärmekopplung zum Untergrund entfällt. Eine ganzflächige Auflage auf einer



43

-10-

Untergrundplatte würde im Gegensatz dazu durch möglicherweise ungleichmäßiges Aufliegen keine konstanten Wärmeübergangsverhältnisse ermöglichen.

- 5 Fig. 5b zeigt eine Schnittansicht einer kreisförmigen Einzelhalterung (14) der Aufnahmevorrichtung der Fig. 5a. Die Einzelhalterung weist am Außenumfang etwa eine Höhe von 10 mm auf. Die Auflagefläche (16) mit einer Auflagebreite der Wafer (12) von etwa 0,5 mm ist in
10 der Schnittansicht deutlich zuerkennen.

- Die Realisierung der Steuer- und Regelfunktion in bezug auf die Temperatur in der Umgebung der Schichten ist notwendig, um gute Trocknungsergebnisse zu erzielen.
15 Versuche haben ergeben, daß aus Sicht einer guten Prozeßführung eine Temperaturabweichung von dem vorgegebenen Temperaturverlauf von weniger als 0,5°C eingehalten werden sollte. Die genaue Beschreibung und Vermessung des Temperaturverhaltens der Anlage in
20 Abhängigkeit von der IR-Strahlerleistung ist Voraussetzung für eine exakte Regelung. Diese Werte müssen in den Regelalgorithmus der Steuereinheit eingearbeitet sein. Hierbei wird vorteilhafterweise Software eingesetzt. Damit wird der Vorteil einer
25 flexiblen Software-Regelung genutzt. Es besteht die Möglichkeit, für die jeweils unterschiedlichen Photoresist- und Substratkombinationen spezifische Regel-
~~algorithmen vorzugeben oder zu entwickeln und zu nutzen.~~

- 30 Mit der Steuerung ist es möglich, die IR-Strahlungsquelle in einem Leistungsbereich von 0 bis 100 % anzu-
steuern. Über die Eingabe von Stützstellen sind treppen-
und rampenförmige Temperaturkurven möglich.

Tabelle 1 zeigt eine Aufstellung unterschiedlicher Trägersubstrate, auf denen eine 50 µm dicke Photoresistschicht (ma-P100 der Firma micro resist technology GmbH) einer erfindungsgemäßen Trocknung unterzogen werden konnte.

Grundsätzlich ist bei der Trocknung von Photoresisten auf Novolackbasis zu beachten, daß der Resist nicht verändert oder zersetzt wird. Die thermische Stabilität der lichtempfindlichen Komponente begrenzt die maximale Temperatur, die beim Trocknungsprozeß auftreten darf. Photoresiste auf Novolackbasis sind bis circa 100 bis 110°C stabil. Die genaue Zersetzungstemperatur einiger Photoresiste kann mit der UV-VIS-Spektroskopie bestimmt werden. Hierbei wird das Absorptionsspektrum der Photoresiste (lichtempfindliche Komponente) bei unterschiedlichen Trocknungstemperaturen verglichen und über die Veränderung auf die Zersetzung geschlossen. Die Photoresiste für die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik sind meist UV-empfindlich und absorbieren zwischen 340 nm und 405 nm Wellenlänge.

Die genaue Bestimmung der Reaktionsgeschwindigkeit der Zersetzungs- und Verdampfungsreaktion sollte für jeden Resist zunächst ermittelt werden. Für die Entwicklung von zeitoptimierten Trocknungsparametern ist die Ermittlung dieser Reaktionsgrößen sehr wichtig, da ~~dadurch die Obergrenze der Trocknungstemperatur und die Trocknungszeit optimal bestimmt werden können.~~

30

Tabelle 2 zeigt verschiedene Kombinationen von Substrat und Resist (Firma Hoechst: AZ 4562; Firma micro resist technology GmbH: ma-P100) sowie verschiedene ~~Schichtdicken des Resists, die mit den dort angegebenen~~ Trocknungsparametern, d.h. Strahlerleistung und Trocknungsdauer (Zeit) optimal getrocknet werden konnten.

35

12.05.99

25

-12-

Substrat	Dicke in μm	IR geeignet
polierte Siliziumwafer	525	positiv
polierte Si-Wafer mit 100nm Au	525	positiv
Si-Wafer mit 1 μm Aluminium	500	positiv
Si-Wafer mit 100nm Oxid	525	positiv
Pyrex mit 100nm Au	525	positiv

Tabelle 1

Substrat- 4"-Siliziumwafer 525 μm dick	Resisttyp	Resistdicke/ μm	Trocknungs-parameter		Auflösung / μm
			Zeit/s	Strahlerleistung/%	
Si + Si/Au 100 nm	ma -P100	55-60	3600	62	10
Si + Si/Au 100 nm	ma -P100	40	3600	59	10
Si + Si/Au 100nm	ma -P100	55	900	67	10
Si + Si/Au 100nm	ma -P100	57	1200	67	10
Si-Monitor	AZ4562	32	3600	59	7
Si + Si/Au 100nm	AZ4562	55	3600	62	20
Si + Si/Au 100nm	AZ4562	100	3600	67	30

Tabelle 2

Die Strahlerleistung bezieht sich hierbei auf die
Maximalleistung der hier eingesetzten Strahlungsquelle
von 4 kW. Die Strukturauflösung der nachfolgend aus den
Photoresistschichten herstellbaren Masken ist ebenfalls
5 angegeben.

Siliziumwafer mit Nickeloberflächen können mit den
gleichen Parametern getrocknet werden. Die Resistdicke in
der Tabelle ist als Obergrenze anzusehen. Dünnere
Schichten können bei entsprechend verkürzter Zeit
10 getrocknet werden.

Ein Beispiel einer erzeugten Struktur, die mittels
der aus einer erfindungsgemäß getrockneten
Photoresistschicht erzeugten Maske hergestellt werden
15 konnte, ist in Fig. 4 gezeigt. Zur Herstellung wurde eine
60 µm dicke Photoresistschicht (ma-P100) mit dem erfin-
dungsgemäßen Verfahren IR-getrocknet, daraus mittels Pho-
tolithographie eine Maske hergestellt und mit Nickel gal-
vanisch abgeformt. Die Dicke der in der mikroskopischen
20 Aufnahme gezeigten Stege beträgt etwa 20 µm.

Das Hauptanwendungsgebiet der IR-Trocknung sind
hochviskose und hochauflösende Photoresiste. Diese werden
vorwiegend mit Kontaktbelichtern belichtet. Kontakt-
25 belichter arbeiten nach dem Schattenwurfprinzip. Die Mas-
kenstruktur wird 1 : 1 in den Resist übertragen. Das
bedeutet, daß das Auflösungsvermögen der Lithographie mit
~~dem Abstand der Maske zum Photoresist korreliert.~~

Nach der IR-Trocknung muß daher die Resistoberfläche
30 so eben wie möglich sein, damit sich ein geringer Abstand
zur Lithographiemaske ergibt. Dem steht allerdings die
Bildung einer Randwulst beim Aufschleudern des Resists
und eine Blasenbildung beim Trocknen gegenüber.

~~Die Ursache der Randwulst liegt in der Oberflächen-~~
35 spannung vom Resist zum Substrat und der hohen Viskosi-
tät.

Beim "Spin-On"-Verfahren (Belackungsprozeß) wird auf die Mitte des Wafers Resist aufgebracht und der Wafer in Rotation versetzt. In Abhängigkeit von Zeit und Rotationsgeschwindigkeit bildet sich eine unterschiedlich dicke Resistschicht aus. Am Waferrand verbleibt ein Überschuß von Resist, der sich zu einer Wulst zusammenzieht. Vor der Belichtung kann die Wulst durch einen Abschleuderprozeß mit einem Lösungsmittel entfernt werden.

- Anders sieht es bei Resistblasen aus, die sich während des Trocknungsprozesses bilden können. Diese Blasen können mehrere 100 µm hoch werden und daher bei der Belichtung die Strukturauflösung extrem verschlechtern. Obwohl die Blasenbildung durch die IR-Trocknung bereits deutlich verringert ist, kann sie durch Wahl eines geeigneten Temperaturverlaufes bei der Trocknung zusätzlich beinahe vollständig unterdrückt werden.

Hierzu wird der Photoresist beispielsweise durch eine kontinuierliche Temperaturerhöhung während der Trocknung genügend flüssig gehalten, so daß entstehendes Gas die Resistoberfläche noch verlassen kann. Wichtig ist dabei, daß zum Ende der Trocknung die Temperatur ansteigt. Der Resist bleibt dabei genügend viskos, obwohl ständig Lösungsmittel verdampft.

- Ein Temperaturverlauf zur Unterdrückung der Blasenbildung ist in Fig. 3 in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Die Temperaturen für den konstanten

Temperaturbereich und die Maximaltemperatur am Ende des Temperaturverlaufs betragen beispielsweise 90 und 105°C. Diese sind jedoch abhängig von den zu trocknenden Resistmaterialien. Dieses Fahren einer Temperaturrampe kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung aufgrund der Steuereinheit 8 in Verbindung mit den Temperatursensoren und der Regelung der IR-Strahlungsquelle problemlos realisiert werden. Dies ist insbesondere von Vorteil, da

die Neigung zur Blasenbildung gerade mit zunehmender Dicke der zu trocknenden Photoresistschicht zunimmt.

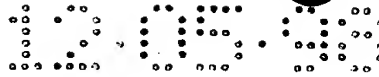
5 Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der
erfindungsgemäßen Vorrichtung können beispielsweise
Andruckfedern von Lese/Schreibköpfen für Festplatten mit
hoher Genauigkeit hergestellt werden. Ein solcher Her-
stellungsprozeß, in dessen Verlauf eine erfindungsgemäße
10 IR-Trocknung stattfindet, ist in den Fig. 3A und 3B dar-
gestellt. Hierbei dient ein Silicium-Wafer (4" oder 10 cm
im Durchmesser) als Trägersubstrat. Auf dieses Substrat
wird eine metallische Schicht aufgebracht, die als galva-
nische Startschicht fungiert. Danach wird Photolack auf-
geschleudert (Schritt Nr. 3), erfindungsgemäß getrocknet
15 (Schritt Nr. 4), belichtet und entwickelt. Die Mikrofeder
entsteht nun durch eine galvanische Auffüllung der Lack-
struktur. Als letztes wird die Mikrofeder durch zwei Ätz-
prozesse vom Siliciumsubstrat abgelöst.

20 In diesem Beispielfall wurde ebenfalls eine maximale
Strahlungsleistung von 4 kW eingesetzt. Derartige
Andruckfedern für Lese/Schreibköpfe konnten bisher man-
gels geeigneter Trockenverfahren in der geforderten
Genauigkeit nicht hergestellt werden.

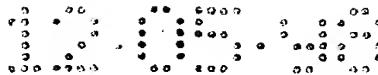
25 In den vorangegangenen Ausführungsbeispielen wurde
jeweils eine IR-Strahlungsquelle mit einer Leistung von
4 kW eingesetzt. Bei geeigneten Trocknungsbedingungen
beträgt hierbei das Maximum der IR-Strahlung etwa 2,6 μm .
30 Dies ist jedoch nur als Beispiel zu verstehen. Es ver-
steht sich von selbst, daß Strahlungsquellen mit anderer
Leistung und bei anderen Maximalwellenlängen je nach An-
wendungsfall eingesetzt werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trocknung von Photoresistschichten,
bei dem ein Substrat (12) mit einer aufgetragenen
5 Photoresistschicht in einer entlüfteten Kammer mit
IR-Strahlung einer in der Leistung regelbaren
IR-Strahlungsquelle (4) beaufschlagt wird, die
Temperatur bzw. eine temperaturabhängige Größe in
der Umgebung der Photoresistschicht gemessen und die
10 Leistung der IR-Strahlungsquelle anhand der
gemessenen Temperatur bzw. temperaturabhängigen
Größe so geregelt wird, daß ein vorgegebener
zeitlicher Temperaturverlauf während der Trocknung
eingehalten wird.
15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß der vorgegebene zeitliche Temperaturverlauf so
gewählt ist, daß die Temperatur über die Trocknungs-
zeit konstant bleibt.
20
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß der vorgegebene zeitliche Temperaturverlauf so
gewählt ist, daß die Temperatur linear mit der Zeit
ansteigt.
25
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
daß der vorgegebene zeitliche Temperaturverlauf so
gewählt ist, daß die Temperatur über die Trocknungs-
zeit zunächst konstant ist, und dann linear,
30 stufenförmig oder in anderer Form ansteigt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch
gekennzeichnet, daß die Temperatur unterhalb des
Substrates gemessen wird.



6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene zeitliche Temperaturverlauf für jede neue Kombination von Materialien für Photoresistschicht und Substrat
5 zunächst experimentell ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine IR-Strahlungsquelle eingesetzt wird, die ihr Maximum der IR-Strahlung im
10 Bereich von 1 bis 3 μm hat.
8. Vorrichtung zur Trocknung von Photoresistschichten, bestehend aus einer entlüftbaren Kammer (1), die einen Lufteinlaß (2) sowie einen Luftauslaß (3)
15 aufweist, einer in der Kammer über einer Substrathalterung (5) angebrachten IR-Strahlungsquelle (4), die in der Leistung regelbar ist, einem in der Kammer vorgesehenen Temperaturmeßsensor (6, 7) sowie einer Steuereinheit
20 (8), die die Leistung der IR-Strahlungsquelle in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur so steuert, daß während der Trocknung ein vorgegebbarer Temperaturverlauf in der Kammer eingehalten wird.
- 25 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahlungsquelle (4) höhenverstellbar über der Substrathalterung (5) angeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9,
30 dadurch gekennzeichnet, daß die Substrathalterung (5) so ausgestaltet ist, daß sie mehrere Substrate (12) in sternförmiger Anordnung nebeneinander aufnehmen kann.



11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß die
Substrathalterung (5) mehrere
Einzelsubstrathalterungen (14) aufweist, die so
5 ausgestaltet sind, daß das Substrat nur mit einem
schmalen Rand aufliegt.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch
gekennzeichnet, daß die Substrathalterung (5)
10 drehbar gelagert ist und über einen in der Drehzahl
regelbaren Motor (11) mit einer vorgebbaren
Drehgeschwindigkeit in Rotation versetzt werden
kann.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß am Lufteinlaß (2) ein
steuerbares Gebläse (13) vorgesehen ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13,
20 dadurch gekennzeichnet, daß der Temperaturmeßsensor
(6) durch einen temperaturabhängigen Widerstand, ein
Pyrometer oder ein Thermoelement gebildet wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14,
25 dadurch gekennzeichnet, daß die IR-Strahlungsquelle
(4) eine maximale Leistungsaufnahme zwischen 2,5 und
4 kW hat.
-
-

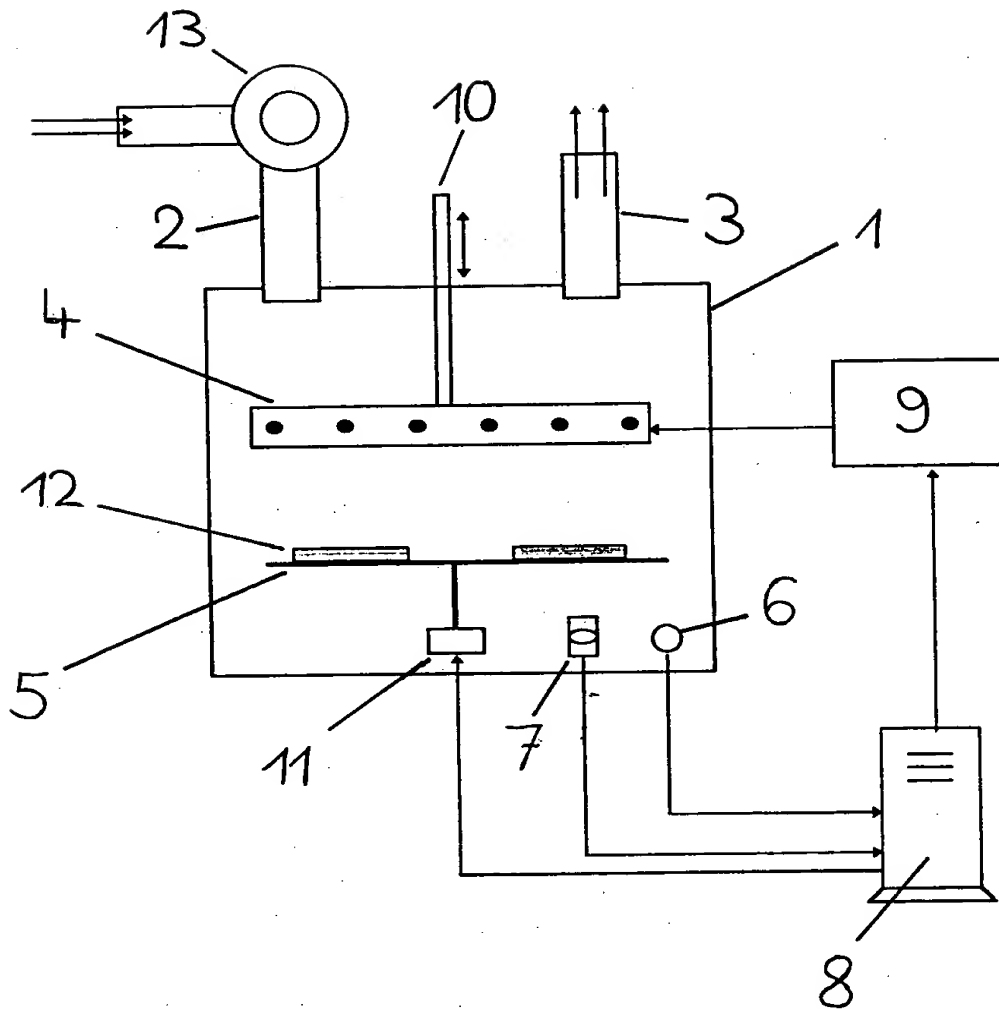


Fig. 1

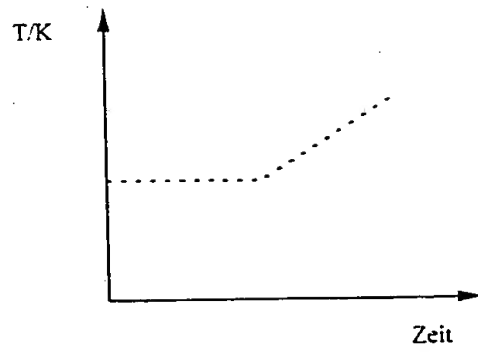
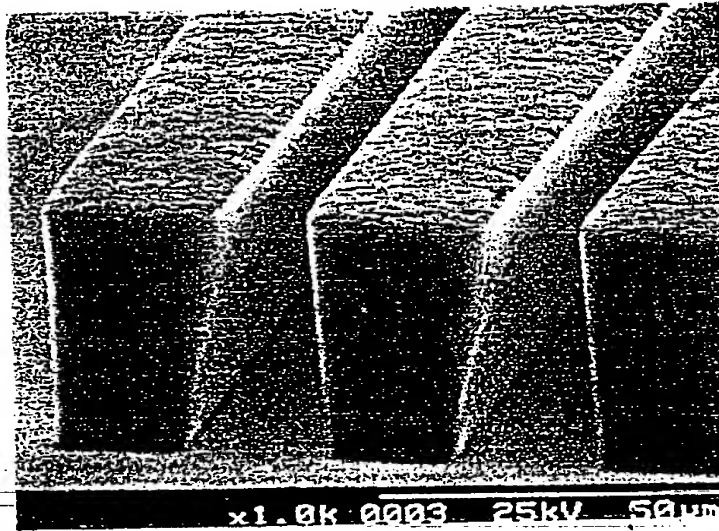




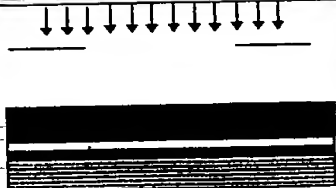

Fig. 2Fig. 4

Fig. 3a

Nr.	Prozeßbeschreibung	Prozeßschicht	Beschreibung
1	Aufbringen (Sputtern) einer Haftschrift für die galvanische Startschicht	Siliziumnitrid (SiN) 80nm Si-Wafer	
2	Aufbringen (Sputtern) einer galvanischen Startschicht	Gold 100nm	
3	Aufschleudern von Photolack Gerät: Firma Suss Typ RC-8 15s 300rpm + 5s 400rpm Lack: Firma mrt Typ V100	Photolack 55µm	
4	IR-Trocknung: 900s mit 67 % der max. Leistung		
5	UV Belichtung: Gerät Firma Süss Typ Ma 56 Kontaktbelichter 210s mit 18 mJ/cm²		
6	Entwicklung: Entwickler: Firma mrt Typ ma D 330 Entwicklungszeit :10min		





7	Galvanische Abscheidung von Nickel Bad Typ: Nickelsulfamat der Firma Blasberg Dauer: 2.5 Std Strom: 10mA/cm ²	Nickel 50µm	
8	Lackentfernung mit Aceton		
9	Entfernen der galvanischen Startschicht (Gold) durch einen Sputterätzprozeß (Ion-Milling) Dauer 180s		
10	Ablösung der Mikrofedern durch selektive Entfernung der Haftschicht (SiN) durch 5% Flußsäure (HF)		

Fig. 3b

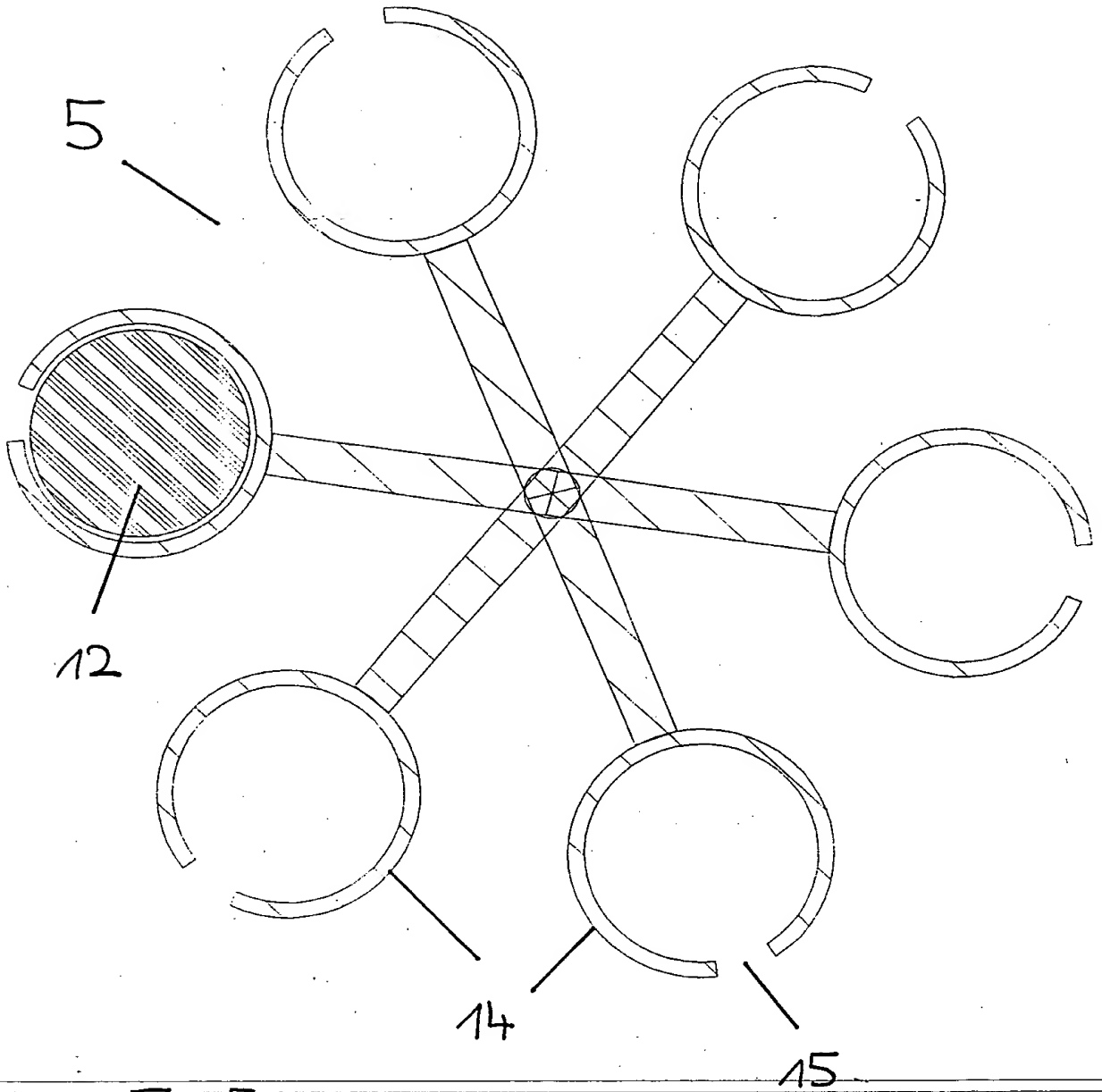
fig. 5a

fig. 5b